云 南 植 物 研 究 1996; 18 (4):439～444
Acta Botanica Yunnanica

侧柏亚科三种植物的核型及其细胞分类学研究*

李林初[1] 刘永强[2] 王玉勤[2] 刘 钢[2]
([1]复旦大学生物系，上海 200433)
([2]上海植物园，上海 200232)

摘要 分析了北美乔柏（*Thuja plicata*）、北美香柏（*T. occidentalis*）和西方翠柏（*Calocedrus decurrens*）的核型，它们的核型公式分别为 K(2n)＝22＝16m＝6sm(2SAT)，20m(2SAT)+2sm 和 20m(2SAT)+2sm。北美乔柏的核型为首次报道。经对侧柏亚科 10 个属（22 种）的核型的比较分析，似见南半球 5 属（*Callitris, Actinostrobus, Libocedrus, Microbiota, Widdringtonia*）和侧柏属（*Platycladus*）及 *Tetraclinis* 最为原始，罗汉柏属（*Thujopsis*）和崖柏属（*Thuja*）最进化，翠柏属（*Calocedrus*）居中。本文还讨论了翠柏属、侧柏属及南半球属的分类位置。
关键词 核型, 北美乔柏, 北美香柏, 西方翠柏, 侧柏亚科, 细胞分类学

STUDIES ON THE KARYOTYPES OF THREE SPECIES AND THE CYTOTAXONOMY OF THUJOIDEAE (DUPRESSACEAE)

LI Lin-Chu[1], LIU Yong-Qiang[2], WANG Yu-Qin[2], LIU Gang[2]
([1]*Department of Biology, Fudan University*, Shanghai 200433)
([2]*Shanghai Botanical Garden*, Shanghai 200232)

Abstract The present paper deals with the karyotype analyses of *Thuja plicata, T. occidentalis* and *Calocedrus decurrens*. The karyotype formulas of the species are K(2n)＝22＝16m +6sm(2SAT), 20m(2SAT)+2sm and 20m(2SAT)+2sm respectively. The karyotype of *T. plicata* is reported for the first time. The comparison among the karyotypes of 10 genera in Thujoideae (Table 2, Fig.2) shows that the genera in the Southern Hemisphere (including *Callitris, Actinostrobus, Libocedrus, Microbiota* and *Widdringtonia*) and *Tetraclinis* and *Platycladus* in the Northern Hemisphere may be the most primitive, *Thujopsis* and *Thuja* the most advanced, and *Calocedrus* intermediate. The paper also discusses the classificatory positions of *Calocedrus, Platycladus* and the southern genera.
Key words Karyotype, *Thuja plicata, T. occidentalis, Calocedrus decurrens*, Thujoideae, Cytotaxonomy

侧柏亚科（Thujoideae）含罗汉柏属 *Thujopsis*，崖柏属 *Thuja*，侧柏属 *Platycladus*，翠柏属 *Calocedrus*，*Tetraclinis* 及南半球产的 *Callitris, Actinostrobus, Libocedrus, Microbiota, Widdringtonia* 等共 15 属近 50 种（郑万钧等，1978；Pilger 等，1954）。虽然已有不少细胞学工作报道（李林初等，1994,

*国家自然科学基金资助项目(39370059)
1995-05-11 收稿，1995-10-31 修回

1984；Nagano 等，1991，1990；Mehra 等，1984；Schlarbaum 等，1975；Kuroki，1969；Hari，1968；Hair 等，1958)，但该亚科的细胞分类学研究尚属空白。本文分析了北美乔柏 *Thuja plicata*，北美香柏 *T. occidentalis* 和西方翠柏 *Calocedrus decurrens* 的核型，结合前人的有关资料，对侧柏亚科进行了细胞分类学研究，探讨各属的亲缘关系、进化地位及演化趋势，为柏科的系统演化研究提供必要的资料。

材料和方法

供试用北美乔柏、北美香柏种子由上海植物园交换自德国 Botanischer Garten, der Technischar Hochschule, D Aachen，西方翠柏种子由美国加州大学植物园提供。凭证标本藏复旦大学生物系植物标本室。

种子经 60℃温水浸泡后 25℃保湿培养。取 0.5～1 cm 左右的根经 0.002 mol／L 的 8-羟基喹啉液预处理 6～8 h 后用卡诺氏液固定 24 h，在 1 mol／L HCl 中 60℃解离 2 min 后常规制片，改良的苯酚品红液染色。核型分析按李懋学、陈端阳（1985）建议的统一方法，染色体测量数据取 5 个细胞的平均值。染色体相对长度系数 I.R.L.，核型不对称系数 As.K%的计算和核型类型的划分按李林初(1986)的方法。

结果和讨论

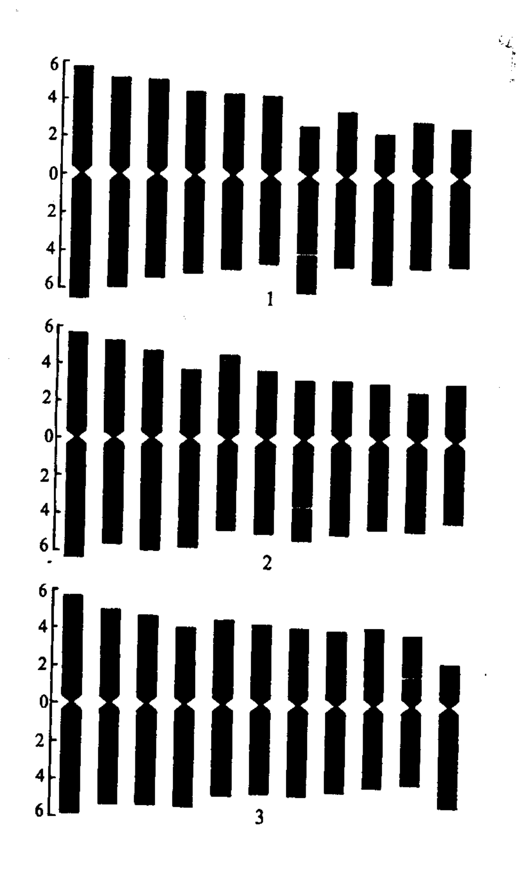


图 1 北美乔柏、北美香柏和西方翠柏的核型模式图

Fig. 1 Idiograms of (1)*Thuja plicata*, (2)*T. occidentalis*, (3)*Calocedrus decurrens*

3 种侧柏亚科植物的核型

从 50 个细胞分裂相确定北美乔柏、北美香柏和西方翠柏的染色体数目均为 2n＝22，与 Kuroki（1969）和 Schlarbaum 等（1975）的结果及日诘雅博、田中隆壮（1979）的记载一致。未见染色体非整倍性变异和多倍现象，也未见 B 染色体。3 个种的染色体参数、染色体形态和核型及模式图分别见表 1，图版Ⅰ，图 1。

北美乔柏的核型为首次报道，核型公式和染色体相对长度组成分别为 K(2n)＝22＝16m+6sm(2SAT)和 2n＝2L+8M2+12M1，由 8 对中部着丝粒和 3 对近中着丝粒染色体组成，7 号染色体的长臂带 1 对随体。平均臂比 1.49，染色体长度比 1.70，有 2 对臂比大于 2 的染色体，属 2A 核型。As.K%＝57.65。

北美香柏的核型为 K(2n)＝22＝20m(2SAT)+2sm，2n＝2L+8M2+12M1，由 10 对中部和 1 对近中着丝粒染色体组成，7 号染色体的长臂带 1 对随体。平均臂比 1.38，染色体长度比 1.62，没有臂比大于 2 的染色体，属 1A 核型。As.K%＝57.20。与 Kuroki（1969）的分析结果相当接近。

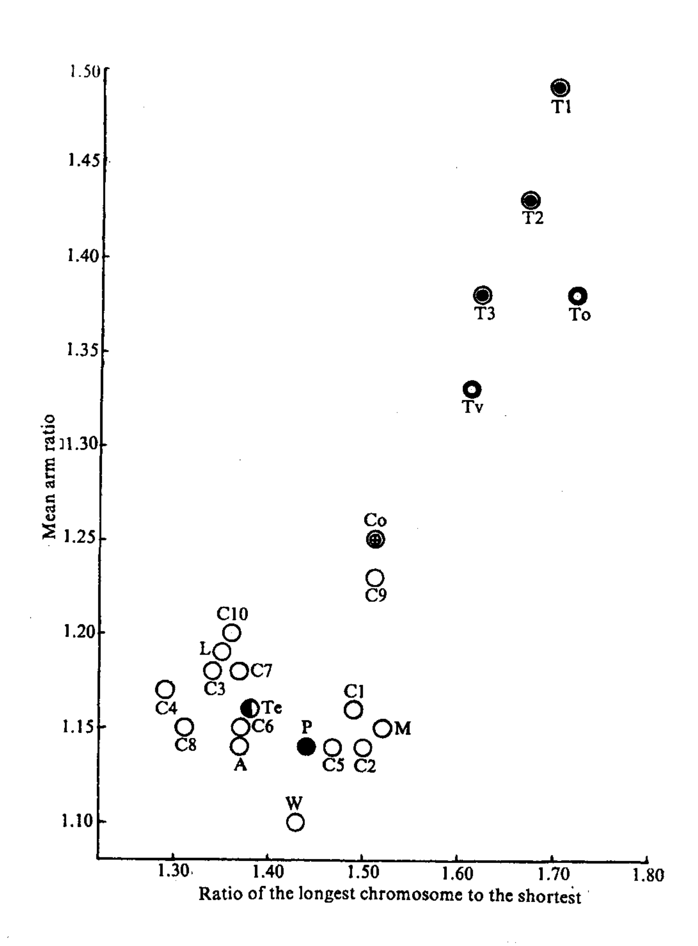


图 2 侧柏亚科的核型

Fig. 2 Karyotypes of Thujoideae

A: *Actinostrobus pyramidalis*, Cl: *Callitris calcarata*, C2: *C. cupressiformis*, C3: *C. ewderlicheri*, C4: *C. glauca*, C5: *C. morrisoni*, C6: *C. oblonga*, C7: *C. preissii*, C8: *C. propinqua*, C9: *C. robusta*, C10: *C. verrucosa*, Co: *Calocedrus decurrens*, L: *Libocedrus bidwillii*, M: *Microbiota decussata*, P: *Platycladus orientalis*, T1: *Thuja plicata*, T2: *T. standishii*, T3: *T. occidentalis*, Te: *Tetraclinis articulata*, To: *Thujopsis dolabrata*, Tv: *T. dolabtata* var. *hondai*, W: *Wid-dringtonia cupressoides*

西方翠柏的核型为 K(2n) = 22 = 20m(2SAT)+2sm, 2n = 2L+8M2+12M1, 由 10 对中部和 1 对近中着丝粒染色体组成, 10 号染色体的短臂带 1 对随体。平均臂比 1.25, 染色体长度比 1.51, 有 1 对臂比大于 2 的染色体, 属 2A 核型。As.K% = 54.37。与 Schlarbaum 等 (1975) 的核型分析结果比较一致。

侧柏亚科的胞核学资料及细胞分类学研究

前人 (李林初等, 1994, 1984; Nagano 等, 1991, 1990; Mehra 等, 1984; Kuroki, 1969; Hair, 1968; Hair 等, 1958) 已对侧柏亚科有关植物作过核型分析, 其结果经作者一定处理后连同本文 3 种材料的核型一并列入表 2, 并以平均臂比和染色体长度比为纵横坐标绘制图 2, 作如下细胞分类学讨论。

表1 北美柏、北美香柏、西方翠柏的染色体参数

Table 1 The parameters of chromosomes of *Thuja plicata*, *T. occidentalis* and *Calocedrus decurrens*

Chrom.	Thuja plicata**			T. occidentalis			Calocedrus decurrens		
No.	RL	AR	PC	RL	AR	PC	RL	AR	PC
1	12.17	1.13	m	11.93	1.11	m	11.43	1.03	m
2	10.97	1.16	m	10.87	1.07	m	10.18	1.08	m
3	10.42	1.07	m	10.58	1.27	m	9.84	1.16	m
4	9.46	1.16	m	9.44	1.53	m	9.35	1.36	m
5	9.13	1.14	m	9.27	1.06	m	9.28	1.08	m
6	8.81	1.08	m	8.75	1.35	m	8.97	1.11	m
7	8.47	2.27	sm*	8.31	1.58	m*	8.80	1.23	m
8	8.05	1.40	m	8.24	1.54	m	8.45	1.17	m
9	7.74	2.62	sm	7.82	1.50	m	8.38	1.05	m
10	7.62	1.57	m	7.42	1.83	sm	7.79	1.09	m*
11	7.17	1.76	sm	7.37	1.39	m	7.56	2.41	sm

RL: relative length; AR: arm ratio; PC: position of centromere;

* SAT-chromosome; ** reported for the first time

（1）南半球所产 *Callitris* 10 种，*Actinostrobus pyramidalis, Libocedrus bidwillii, Microbiota decussata* 和 *Widdringtonia cupressoides* 以及北半球的 *Tetraclinis articulata* 和侧柏 *Platycladus orientalis* 的核型全由 11 对中部着丝粒染色体组成，1A 类型，染色体相对长度组成中仅有 M2 和 M1 染色体（除 *Microbiota* 和 *Platycladus*），平均臂比（1.11～1.23）和染色体长度比（1.29～1.52）及核型不对称系数（52.98～54.76）都较小，它们的核型坐标点（A, C1～10, L, M, P, Te, W），集中分布于图 2 的左下方，表明这些属（种）具有较为对称的核型，在侧柏亚科中可能处于比较原始的进化地位。

（2）崖柏属的北美乔柏、北美香柏和日本香柏及罗汉柏属的罗汉柏和 *Thujopsis dolabrata* var. *hondai* 的核型中除大多为中部着丝粒染色体外，还有 1～3 对不等的近中着丝粒染色体，核型类型 2A 或 1A，染色体相对长度组成中除 M2, M1 染色体外都有 1 对长染色体 L，平均臂比（1.33～1.49）和染色体长度比（1.61～1.72）及核型不对称系数（56.11～57.65）都较大，它们的核型坐标点 T1～3 和 To-1-2 分布于图 2 的右上方，表明这两属具有较为不对称的核型，在侧柏亚科中可能处于比较进步的进化地位，并以崖柏属更甚。它们的核型坐标区甚为接近（并稍有重叠）表明了两者的近缘关系，这与 Dallimore 等（1966）认为罗汉柏属与崖柏属关系密切以至有时把它作为后者的一个亚属看待的意见相吻合。

（3）翠柏属的代表种西方翠柏无论从其核型的有关数据（表 2）或在图 2 的坐标点 Co 位置看，它的不对称性及进化程度似乎都居上述 2 组类群的中间过渡地位。Dallimore 等（1966）认为翠柏属虽由 *Libocedrus* 分出，但它或许与崖柏属和罗汉柏属更为密切。从图 2 则至少可见该坐标点与 L（*Libocedrus*）和崖柏属、罗汉柏属坐标区的距离相近，也表明胞核学资料支持 *Calocedrus* 的分立。

（4）侧柏（属）虽然自 1753 年起就以 *Thuja orientalis, T. orientalis* var. *arggi* 和 *T. chengii* 长期被置崖柏属（郑万钧等，1978），但它的核型公式、平均臂比、染色体长度比及 As.K%值等都与崖柏属有较大差距，在图 2 中则可见 P 坐标点远离崖柏属坐标区，从而表明胞核学资料支持侧柏从中分出单独成立侧柏属。

表 2 侧柏亚科的核型资料

Table 2 The karyotypic data of Thujoideae

Taxa	Karyotype formula and chromosome size	Mean arm ratio	Ratio (Longest / Shortest)	Type	As.K%	Author
Thuja plicata	16m+6sm(2SAT), 2L+8M2+12M1	1.49	1.70	2A	57.65	Present
T. standishii	16m+6sm, 2L+6M2+14m1	1.43	1.67	2A	57.50	Kuroki,1969
T. occidentalis	20m(2SAT)+2sm, 2L+8M2+12M1	1.38	1.62	1A	57.20	present
Thujopsis dolabrata	20m+2sm, 2L+8M2+14M1	1.33	1.61	1A	65.11	Kuroki,1969
T. dolabrata var. hondai	18m+4sm, 2L+6M2+14M1	1.38	1.72	2A	56.85	Kuroki,1969
Calocedrus decurrens	20m(2SAT)+2sm, 2L+8M2+12M1	1.25	1.51	2A	54.37	present
Platycladus orientalis	22m,2L+6M2+14M1	1.14	1.45	1A	53.20	李林初等,1984
Callitris calcarata	22m,10M2+12M1	1.16	1.49	1A	53.60	Mehra 等,1956
C. cupressi-formis	22m,12M2+10M1	1.14	1.50	1A	52.98	Mehra, 1956
C. ewderlicheri	22m,8M2+14M1	1.18	1.35	1A	54.18	李林初等,1994
C. glauca	22m,10M2+12M1	1.17	1.29	1A	54.00	Mehra 等,1956
C. morrisoni	22m,10M2+12M1	1.14	1.46	1A	53.13	Mehra 等,1956
C. oblonga	22m,10M2+12M1	1.15	1.37	1A	53.45	Nagano 等,1990
C. preissii	22m,10M2+12M1	1.18	1.36	1A	54.17	李林初等,1994
C. propinqua	22m,12M2+10M1	1.15	1.31	1A	53.32	Kehre 等,1956
C. robusta	22m,10M2+12M1	1.23	1.51	1A	54.76	Mehra 等,1956
C. verrucosa	22m,10M2+12M1	1.20	1.36	1A	52.37	李林初等,1994
Actinostrobus pyramidalis	22m,10M2+12M1	1.14	1.37	1A	53.48	Nagano 等,1990
Libocedrus bidwillii	22m,8M2+14M1	1.19	1.35	1A	54.20	Hair 等, 1958
Microbiota decussata	22m,2L+8M2+12M1	1.15	1.52	1A	53.29	Nagano 等,1991
Tetraclinis articulata	22m,8M2+14M1	1.16	1.38	1A	53.41	Hair, 1968
Widdringtonia cupressoides	22m,8M2+14M1	1.11	1.43	1A	52.47	Mehra 等, 1956

致谢 美国加州大学伯克莱分校植物园 E. M. Sedlack 提供西方翠柏种子。

参 考 文 献

李林初, 1986. 秃杉的细胞学研究. 植物分类学报, **24**(5): 376~381

李林初，徐炳声，1984. 侧柏和福建柏染色体核型的研究. 云南植物研究，**6**(4)：447～451

李林初，从 斌，刘钢等，1994. 澳大利亚3种*Callitris*(Cupressaceae)植物的核型及其系统学意义. 云南植物研究，**16**(4): 349～353

李懋学，陈瑞阳，1985. 关于植物核型分析中的标准化问题. 武汉植物学研究，**3**(4)：297～302

郑万钧，傅立国，1978. 中国植物志第七卷. 北京：科学出版社，314

日诘雅博，田中隆荘，1979. 裸子植物の染色体. 遺伝 **33**(6)：31

Dallimore W, Jackson AB, 1966. A handbook of coniferae and Ginkgoaceae. 4th. ed. London: Edward Arnold Ltd, 194.

Hair J B, 1968. The chromosomes of the Cupressaceae(1) Tetraclineae and Actinostrobeae (Callitroideae). *N Z J Bot*, **6** :277

Hair J B, Beuzenberg E J, 1958. Contributions to a chromosome atlas of the newzealand flora (1). *N Z J Sci*, **1**: 617

Kuroki Y, 1969. Karyotype studies on important conifers. *Bull Miyazaki Univ For*, **5** :1

Mehra P N, Khoshoo T N, 1984. Cytology of conifers. *I J Genet*, **54** :165

Nagano K, Nakamura M, Toda Y, 1990. Study on the chromosome of Cupressaceae (VII) Karyotype of two species and two genera in Australian Cupressaceae. *Proc 10lst Meet Jap For Assoc*, 492

Nagano K, Nakamura M, Toda Y, 1991. Study on the chromosome of Cupressaceae(IX) Karyotype of *Microbiota decussata*. *Bull Kyushu Branch Jap For Soc*, **44**: 53

Pilger R, Melchior H, 1954. In: Melchior H, Werdermann E, (ed.) A Engler's syllabus der pflanzenfamilien. Berlin-Nikolussee: Gebruder Borntraeger, 335

Schlarbaum S E, Tsuchiya T, 1975. Chromosomes of incense cedar. *J Hered*, **66**: 41

图版说明 Explanation of plate

图版 I 侧柏亚科 3 种植物的体细胞核型 1. 北美乔柏；2. 北美香柏；3. 西方翠柏

Plate I Somatic karyotypes of three species in the Thujoideae 1. *Thuja plicata*; 2. *T. occidentalis*; 3. *Calocedrus decurrens*

1

2

3

See explanation at the end of text